

杭州城市土壤研究

章明奎 著
王美青
符娟林

中国农业科学技术出版社



HANGZHOU CHENGSHI
TURANG YANJIU

杭州城市土壤研究

章明奎
王美青 著
符娟林



样 书

中国农业科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

杭州城市土壤研究—章明奎等编著. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2006.5

ISBN 7-80167-949-0

I. 杭... II. 章... III. 土壤—研究—杭州市
IV. S159.255.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 036696 号

责任编辑	闫庆健
出版发行	中国农业科学技术出版社 电话: (010)62187620
经 销	新华书店北京发行所
印 刷	杭州杭新印务有限公司
开 本	850 × 1168 1/32
印 张	6.375
字 数	160 千字
版 次	2006 年 5 月第一版 2006 年 5 月第一次印刷
定 价	28.00 元

内 容 提 要

本书是一部针对杭州城市土壤研究的专著。全书共分9章。第1章介绍了城市土壤研究的国内外进展,包括城市土壤的概念、城市土壤的形成过程、城市土壤的分类问题、城市土壤的特征和城市土壤的生态功能;第2章介绍了杭州城市的地理特征、建城历史、居民区的形成沿革、工农业基本情况、土地利用和成土环境;第3章总结了杭州城区蔬菜生产土壤、老城区土壤、新城区土壤、工业区土壤和风景区土壤的剖面特征;第4章和第5章分别分析了杭州城市各功能区土壤和居民区土壤的环境质量及空间分异规律;第6章剖析了杭州城市土壤磷素的化学特征和行为;第7章探讨了杭州城市土壤污染物的环境效应及其对人群健康的影响;第8章介绍了杭州城市土壤有机碳积累特性和封闭环境下城市土壤的特异性质;第9章评述了城市土壤的持续利用与管理 and 改良修复问题。

本书可供土壤、城市环境、园林和生态等专业的科技工作者和城市管理者参考。



浙江智慧书社

技术策划 全程制作

地址 杭州凯旋路258号浙江大学华家池校区

邮编 310029 电话 0571-86956762



前言

城市是人类聚居和活动的重要场所,是人类对环境的干扰最集中、最强烈、最频繁的地方。城市的发展带来了人口集中、产业集中、资源能源消耗集中、需水量增加、不透水地面增多、绿地减少等一系列生态环境的变化。20世纪以来,随着现代工业的兴起和城市的迅速发展及经济的高速发展,特别是20世纪50年代以来的工业大发展,使城市环境污染、生态破坏到达了极其严重的地步。因此,人类对城市生存环境的关注逐年增加,许多科学家开始研究人类活动对城市环境的影响,其中对城市土壤的研究是重要的一个方面。

近年来,我国城市化率逐年上升,预计到2020年,中国的城市化率将达到60%。城市的快速发展势必使城市土壤和与之有关的环境问题日益突出。城市土壤处于城市生态环境的中心位置,承担着环境中大约90%的来自各方面的污染物。而污染的土壤系统可向环境输出物质和能量,引起大气、水体和生物体的污染,造成城市环境质量下降,影响城市的整体功能。因此,研究城市土壤及其环境质量的演变和分异规律,可为管理城市土壤和指导城市建设提供科学依据。

杭州是浙江省政治、经济、文化中心,是我国东南沿海的一个大城市和浙江省省会。杭州具有悠

久的文明史,人类活动对该城市土壤的影响非常强烈。杭州城区土地利用类型齐全,是研究人类活动对城市土壤影响的良好场所。1998年以来,我们开展了杭州城市土壤的研究,重点研究了城市各功能区土壤的特性、居民区土壤的环境质量的空间分异和城市土壤重金属和磷的地球化学特征及其环境效应,本书是这方面研究工作的总结。考虑到国内还没有有关城市土壤专门著作出版,我们在本书中分2个章节对“国内外城市土壤研究进展”和“城市土壤的持续利用与管理”也进行了总结。为了使对这方面有兴趣的读者能较详细地了解杭州城市土壤的实际情况,书中以图表形式详尽地录入了有关的分析数据。

由于本书中的有关研究完全是出于个人兴趣、爱好,没有专门的研究经费资助,所以,本书中介绍的杭州城市土壤的研究内容和研究范围还很不全面,研究的结论还有待于进一步的验证。非常感谢我的二位硕士研究生王美青(现在浙江农业科学院工作)和符娟林(现在西南科技大学工作)共同参与这方面的工作,同时也感谢国内一些同行的鼓励。由于城市土壤研究属于新的研究领域,研究方法还很不成熟,许多工作是边做边摸索。限于作者水平和掌握的资料有限,错误和不足之处在所难免,真诚希望得到读者的批评指正。

章明奎

2005年12月于杭州华家池



目 录

第1章 国内外城市土壤研究进展 /1

- 1.1 城市土壤的概念 /2
- 1.2 城市土壤的形成过程 /3
- 1.3 城市土壤的分类问题 /7
- 1.4 城市土壤的特征 /10
- 1.5 城市土壤的生态功能 /19

第2章 杭城的基本情况及其发展历史 /23

- 2.1 地理特征 /23
- 2.2 建城历史 /24
- 2.3 居民区的形成沿革 /28
- 2.4 工农业基本情况 /31
- 2.5 土地利用 /32
- 2.6 成土环境 /33

第3章 杭城各类土壤的剖面特点 /37

- 3.1 近郊蔬菜生产土壤的剖面特征 /39
- 3.2 老城区土壤的剖面特征 /44
- 3.3 新城区土壤的剖面特征 /46
- 3.4 工业区土壤的剖面特征 /55

- 3.5 风景区土壤的剖面特征 /56
- 3.6 各区土壤侵入物质的组成比较 /64
- 3.7 土壤紧实度的垂直变化 /65
- 3.8 土壤重金属的垂直变化 /70

第4章 不同功能区城市土壤性质的比较 /71

- 4.1 土壤基本性质 /72
- 4.2 土壤重金属含量 /84
- 4.3 土壤重金属的化学形态 /89
- 4.4 不同功能区土壤的重金属污染评价 /91
- 4.5 结论 /98

第5章 杭城居民区土壤环境质量的空间变异 /100

- 5.1 土壤理化性质 /103
- 5.2 不同类型居民小区土壤重金属含量的差异 /108
- 5.3 土壤环境质量评价 /115
- 5.4 土壤环境质量空间分异 /118
- 5.5 结论 /129

第6章 杭城土壤的磷素化学 /131

- 6.1 城区和郊区表土磷库及环境风险评价 /133
- 6.2 居民区土壤磷的积累和释放潜力 /139

第7章 杭城土壤污染物的环境效应及其对人群健康的影响 /146

- 7.1 城市土壤污染对人群健康影响的特点与污染途径 /147
- 7.2 杭城土壤重金属的潜在可淋洗性研究 /150
- 7.3 杭城居民区土壤重金属的化学特性及其与酸缓冲性的关系 /152

7.4 城区灰尘中铅的生物可给性 /158

第8章 杭城土壤有机碳积累特性和封闭环境下城市土壤的性质 /166

8.1 杭城土壤有机质的积累与特性 /166

8.2 长期封闭环境下城市土壤的特性 170

第9章 城市土壤的持续利用与管理 /174

9.1 城市土壤的不良土质及其对绿地植物生长的影响 /174

9.2 城市土壤的管理与保护 /178

9.3 城市土壤的改良 /180

9.4 城市污染土壤的修复与治理 /183

参考文献 /192

第1章 国内外城市土壤研究进展

人类活动导致自然生态系统向人工生态系统的转变已经有数千年的历史,而城市化是其中强度最大、影响最深的过程之一。城市化是以经济高度集中、资源高强度利用、物质快速循环为标志。随着人口的增长和城市化过程的加快,大量自然和农业土壤被城市的扩展而占用。由人为活动导致的环境剧烈变化驱动城市土壤的演变,形成了一类独特的城市土壤。作为城市生态系统的重要组成部分,这部分土壤是美化和净化城市环境的绿色植物的生长介质和养分供给体,且能吸附和固定人类活动产生的某些污染物,具有净化城市环境的功能。城市土壤是在城市和郊区特殊的人为环境下形成的土壤,它既继承了自然土壤的某些特征,又有其独特的理化性质、养分循环过程和土壤生物学特征,并作为土壤圈的一个组成部分,发挥着特有的生态、环境和经济功能。在当今土壤资源日趋紧缺、生态环境日益恶化的大背景下,加强对城市和近郊土壤的形成特征、开发利用与保护方面的研究,对于推进城市化及其郊区的经济、社会、环境的可持续发展具有积极的指导作用。

1.1 城市土壤的概念

1.1.1 城市土壤研究的兴起和发展

城市土壤的形成是人类长期活动的结果。这类土壤主要分布在公园、道路、体育场馆、城市河道、郊区、企事业和厂矿周围。还有一部分是曾经被建筑物掩埋，而后这些覆盖物被夷平、搬迁，使其重见天日，再次作为种植的土壤。城郊土壤研究在国内外起步均较晚。自20世纪70年代起，在城市化、工业化程度和人口密度均较高的西欧和中欧国家，这类土壤开始引起人们的注意；20世纪80年代中后期相继开展了城市土壤的特性、分类、恢复等方面的研究。但多数尚局限于小范围的城市土壤污染、城市周边矿山废弃地的复垦与改良、公园与运动场土壤，以及郊区土壤的肥力研究，缺少对城市土壤的形成及其演化规律的全面系统研究。

英国是开展城市土壤研究较早的国家之一。20世纪70年代英国开展了伦敦等大城市土壤和灰尘中铅、铜、锌和镉等重金属的研究，发现土壤重金属的污染与工业活动、汽车尾气的排放等有关。德国土壤学会在1988年成立了城市土壤工作组。美国也在纽约等城市开始了一系列有关城市土壤的研究。鉴于城市土壤在城市和郊区生态系统中的重要性，它涉及到城市 and 郊区的环境质量与居民的健康，1998年在法国蒙特利尔市召开的第16届国际土壤学会会议上，首次设立了城市及城郊土壤学科国际工作组(SUITMA)，即城市、工矿和交通用地土壤工作组，这标志着世界范围内城市土壤研究进入了一个新阶段。该工作组于2000年在德国Essen召开了第一届国际会议，包括中国在内的全球41个国家300多名代表出席了会议，表明城市土壤研究在世界范围内正在兴起和深化，城市土壤的研究已日益受到土壤学界的关注。随着工业化、城市化程度的日益提高，目前全球已有40%左右的人口生活在城市，预计到2025年，城市人口将占人类总数的2/3，有

约50亿人。城市的发展势必使城市土壤和与之有关的环境问题日益突出,因此,研究并管理好这类土壤就显得越来越重要。

我国城市土壤环境质量研究在20世纪90年代开始有零星工作,主要涉及城郊蔬菜地土壤特征和郊区土壤重金属的污染研究。近年来,已有不少研究者对武汉、北京、南京、广州、杭州和香港等城市土壤重金属作了研究。但总的来看,目前我国对城市土壤的研究仅在初始阶段,研究内容有较强的局限性。

1.1.2 城市土壤的概念

城市土壤并不是一个分类学上的术语,它是出现在城市和城郊地区,受多种方式人为活动的强烈影响,原有继承特性得到强烈改变的土壤的总称。最早给城市土壤下定义的是Bockheim,他认为城市土壤是指在人为的和非农业活动作用下,由于土地混合、填埋或污染而形成的厚度大于50cm的城区和郊区土壤。此后,Craul修改了Bockheim的定义,将其定义为:在城区或城郊区域内,由于非农业的、人为的因素造成的土地表面的混合、填埋或污染而产生的表层厚度大于50cm的一类土壤物质。Strognova等也在Bockheim定义的基础上,将城市土壤定义为:具有由城市产生的物质的混合、填充、埋藏和污染而形成的,厚度大于50cm的人为表层的土壤。城市土壤广泛分布在居民区、公园、道路、体育场、城市河道、城郊、垃圾填埋场、废弃工厂、矿山周围,或者简单地成为建筑、街道、铁路等城市和工业设施的“基础”而处于埋藏状态。

1.2 城市土壤的形成过程

1.2.1 城市土壤的形成

城市土壤是在城市特殊的环境背景下,经过人类活动的长期干扰或新老物质的直接“组装”形成的。与自然土壤和农业土壤

相比,城市土壤既继承了原有自然土壤的某些特征,又有其独特的成土环境与成土过程。城市土壤的形成离不开五大成土因素的作用,但人为因素在其特征性的土壤性质形成中起着非常重要的作用。城市土壤的发生过程除继承了一般的自然土壤的成土过程外,还具有较特异而明显的有机质积累、钙化、脱钙、酸化、碱化、盐化、潜育化和污染等过程。但这些过程在不同的城市土壤形成中的重要性有较大的变化。

城市发展过程一般从开发土地开始。人们在城市土地开发利用过程中,或是在从事与土壤无直接关系的活动中,由于人工翻动、回填、践踏、车压以及园林绿化生产都可能对土壤造成影响,破坏了自然土壤的物理化学属性,改变了原来的微生物区系,同时使一些人为污染物进入土壤,形成不同于自然土壤和耕作土壤的特殊土壤(即城市土壤)。

1.2.2 影响城市土壤形成的因素

(1) 污染物:污染物可显著地影响土壤的组分和性质。城市污染物主要有污水、污泥和固体废物等。污水成分复杂,它的悬浮物、有机物、可溶性盐类、合成洗涤剂、有机毒物、无机毒物、病原菌、病毒、寄生虫等成分,进入土壤后可以改变土壤水的性质或成为土壤的组分,影响土壤水功能的发挥和抑制生物种群数量和生物活性及物质循环功能。固体废弃物大都含有重金属,甚至含有放射性物质,这些物质经过长期暴露,被雨水冲洗和淋溶后,溶入水中,通过地表径流进入水体从而对土壤造成污染。

城市园林绿化工作中,常施有机肥和无机肥。合理施用肥料能够提高土壤肥力,促进植物较好地生长。不合理施肥,如多施无机化肥,将使土壤外来物质超过土壤中某种物质的容量,从而影响土壤中物质形态、生物种类和土壤结构,甚至可能使土壤形成新的物理、化学性能和生物,改变原土壤物质迁移转化过程与

规律,使土壤板结、通气透水性能下降。同样,如果有机肥料的施用量超过了土壤的自净能力,亦会造成土壤环境的有机污染,使土壤中的 $\text{NO}_3\text{-N}$ 的含量增多。同时,施用农药虽可以防治病虫害,但农药残留于土壤中对土壤某些生物有抑制作用,影响土壤的生物活性,导致土壤功能受损。

(2) 工程建设:建筑活动诸如公路、铁路、桥梁、基建等工程建设,不仅占用大量耕地,而且由于挖掘、搬运、堆积、混合和填埋大量废弃物,使地表植被受到破坏;原有土壤被掘动,加剧了土壤侵蚀,腐殖质被剥离或埋藏,使自然土壤受到破坏。有的土层缺失;有的土层倒置,甚至出现多层土壤混合,形成土壤“多重构造”。同时建筑活动产生了大量的建筑垃圾,如混凝土、沥青、石头等杂物,覆于土壤表面或侵入土壤之中,对土壤质地、结构、酸碱度、通气性等产生不良影响。

(3) 园林绿化管理:植物通过根系从土壤中吸收各种养分,供应枝、叶、干生长,同时又将枯枝落叶残留物归还地表,通过微生物分解还原进入土壤,而这些物质皆又再次被植物利用,养分运输周而复始,形成养分元素的生物循环。然而长期以来,在城市园林绿化管理中,为了景观和防火需要,常将死树、修剪的枝叶、自然落叶、残花等清出绿地,移至系统外,造成土壤养分元素自然循环受到破坏,加上目前园林绿化基本上是粗放管理、施肥针对性不强,也会影响土壤养分的正常循环。另外,为了改善绿化景观的视觉效果,在城市绿化中经常会大面积片植或带植一种或两种植物,特别是开花植物,如华南地区大量种植美人蕉、马樱丹,而在养护管理中往往又采取各种措施延长其花期,这样就引起了某一类土壤生物的过度繁育,致使一些病原微生物或有毒物质的大量积累,使土壤中某些养分消耗特别大,造成土壤某些养分缺乏,产生病毒及各种有害细菌,导致土壤结构和化学性质发生变异。

(4) 填埋活动：城市生产和生活中常产生一些废物，需要进行处理。其中填埋是处理废物常用方法。把一些废物填埋于一定深度的土壤中，改变了土层次序和土壤组成，也影响了土壤的渗透性和生物化学功能。

1.2.3 城市土壤中主要的形成过程

(1) 人为的土壤扰动作用(Urbanthropo-turbation)：土壤扰动是城市土壤共有的一个最明显的成土过程。平整土地、城市基建，都需要翻动土壤。扰动作用的结果使土壤失去原有的土层，并混入大量的侵入体。在城市人类活动持续时间越长、构建建筑越高大的区域，人为的土壤扰动作用越明显。

(2) 压实作用：压实是指施加在土壤上的机械力超过土壤的剪切强度而发生的土壤结构退化现象。压实导致结构体破坏、容重增加、孔隙度降低、紧实度增加。此外，还会对溶质运移过程和生物活动等产生影响，从而对城市的环境产生显著的影响。

压实是城市土壤的重要特征。引起城市土壤压实的原因很多，公路边土壤为了提供稳定的路基，要满足机械指标而被压实；路边行道树和绿化带的土壤大多是由于机械要求而进行有意识地压实。公园、道路边等公共绿地土壤的压实主要是人为践踏所致。建筑地点由于建筑材料的堆放和重型机械的运移而被压实。建筑点的机械震动、车轮和人们的践踏也是引起土壤压实的主要原因。在城市建设中有许多客土现象，如果外来土是紧实土壤而没有经过正确处理使其变松就应用，也同样具有压实特征。而城市行道树土壤由于受到人为压实作用，其表土层容重较大，这是城市土壤的一个重要特征。土壤“上虚下实”有利于土壤的水分入渗，而城市土壤则经常是“上实下虚”。

(3) 有机质积累作用：土壤有机质是植物生长的重要营养来源，它不仅能够改善土壤物理性质，促进土壤微生物活动，而且

对提高土壤保肥保水性能也有重要作用。自然土壤的有机质主要来源于植物、微生物和动物等残体。在城市土壤中,由于卫生、防火等原因,城市绿地中的动物残体、凋落物、自然枯枝落叶及修剪枝叶皆被清除,造成土壤有机质较少,城市土壤不能似自然土壤般进行养分循环,加之施肥又较粗放,无针对性,致使土壤养分失衡。同时植物特别是开花植物每年要从土壤有限的营养中定向吸取养分,导致城市土壤养分收支失去平衡,土壤愈来愈贫瘠,植物生长不良。但也有一些地方因过量堆放诸如垃圾等有机物质,可使土壤有机质超常规积累。另外,城市土壤有机物质除正常的生物来源外,还有人类生活和生产活动带入的各种各样的有机物质,其成分与农业土壤有很大的差异。

(4) 积磷、积钙过程:由于磷和钙的迁移性较小,城市居民的生活可产生大量的含磷含钙物质,城市建设使用大量的石灰性物质,使城市土壤在磷和钙都有不同程度的积累。

1.3 城市土壤的分类问题

城市土壤的分类迄今仍未达成共识。在大多数国家的土壤分类系统中,还没有建立相应的城市土壤分类单元和分类方法,即使考虑了城市土壤的特征,但其分类级别也各不相同。

联合国FAO-UNESCO于1988年正式出版的世界土壤图例修订本中,土壤分类单元是依据诊断层和诊断特性来划分的。考虑到人类活动(农业和非农业)的影响,该分类系统的一级单元中包括有人为土(Anthrosols)。该土是指由于人类活动,诸如搬移或搅动表层土壤、挖土或填土、长期增添有机质和连续灌溉等活动,导致原有土壤层次被明显改变或埋藏的土壤。在人为土一级单元中,又划分4个二级单元。①耕翻扰动人为土(Aric Anthrosols):指由于深耕而呈现诊断层残余物的人为土;②堆积人为土(Cumulic Anthrosols):指由于长期灌溉或者人工抬高土地表面而形成厚度